

**Crystal optical interference filter with periodic passband and method of actively adapting the spectral passband**

Patent Number: EP0907089

Publication date: 1999-04-07

Inventor(s): BARTA CESTMIR DR (CZ); DULTZ WOLFGANG PROF DR (DE); HILS BERND DIPL-PHYS (DE); SCHMITZER HEIDRUN DR (DE); BERESNEV LEONID DR (US)

Applicant(s):: DEUTSCHE TELEKOM AG (DE)

Requested

Patent: ☐ EP0907089, A3

Application

Number: EP19980114521 19980803

Priority Number

(s): DE19971043716 19971002

IPC

Classification: G02B5/28

EC

Classification: G02B27/28F, G02B5/30R, G02F1/00B3

Equivalents:

☐ DE19743716, NO984592

---

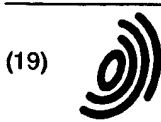
**Abstract**

---

An optical interference filter with a periodic passage region has a birefringent element comprising a mercury (I) halide single crystal. An optical interference filter with a periodic passage region comprises a polarizer (2) at the outlet of a birefringent element (1), the latter being a mercury (I) halide (Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, Hg<sub>2</sub>Br<sub>2</sub> or Hg<sub>2</sub>I<sub>2</sub>) single crystal. Independent claims are also included for (i) a method of active tuning of the spectral passage region of the above interference filter, in which pass characteristic alteration is effected by rotating the pass direction of the polarizer (2, 3) at the inlet and/or outlet of the filter relative to the axes of the birefringent element (1) and/or by altering the birefringence properties of an electro-optical retarding element; and (ii) the use of mercury (I) halides (Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, Hg<sub>2</sub>Br<sub>2</sub>, Hg<sub>2</sub>I<sub>2</sub>) as crystal-optical interference filters with a periodic passage region, especially for wavelength multiplex operation of optical telecommunication networks.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11) EP 0 907 089 A2

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
07.04.1999 Patentblatt 1999/14

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: G02B 5/28

(21) Anmeldenummer: 98114521.2

(22) Anmeldetag: 03.08.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

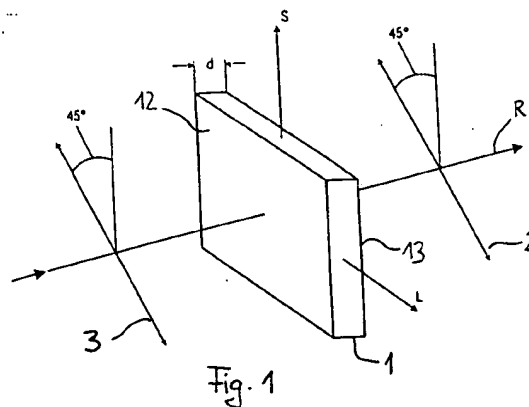
(30) Priorität: 02.10.1997 DE 19743716

(71) Anmelder: Deutsche Telekom AG  
53113 Bonn (DE)

(72) Erfinder:  
• Dultz, Wolfgang Prof. Dr.  
65936 Frankfurt/Main (DE)  
• Beresnev, Leonid, Dr.  
Columbia, MD 21044 (US)  
• Schmitzer, Heidrun Dr.  
93051 Regensburg (DE)  
• Hils, Bernd Dipl.-Phys.  
61462 Königstein/Taunus (DE)  
• Barta, Cestmir Dr.  
25066 Zbity (Prag-Vychod) (CZ)

(54) **Kristalloptisches Interferenzfilter mit periodischem Durchlassbereich sowie Verfahren zur aktiven Anpassung des spektralen Durchlassbereichs**

(57) Die Erfindung betrifft ein kristalloptisches Interferenzfilter mit periodischem Durchlaßbereich, insbesondere für den Wellenlängenmultiplexbetrieb von optischen Netzen in der Telekommunikation, sowie ein Verfahren zur aktiven Anpassung des spektralen Durchlaßbereichs eines derartigen Interferenzfilters. Das Interferenzfilter besteht wenigstens aus einem doppelbrechenden Element (1, 1', 5, 5') sowie einem an dessen Ausgang angeordneten Polarisator (2, 2', 7, 7') wobei das doppelbrechende Element einen Quecksilber(I)halogenid-Einkristall ( $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{Hg}_2\text{Br}_2$ ,  $\text{Hg}_2\text{J}_2$ ) ist. Trifft auf das doppelbrechende Element Licht beliebiger spektraler Zusammensetzung, jedoch in einem definierten Polarisationszustand, so werden durch das doppelbrechende Element die einzelnen spektralen Komponenten mit einer definierten Polarisation kodiert und können dann wellenlängenabhängig mit Hilfe des Ausgangspolarisators (2, 2', 7, 7') herausgefiltert werden. Das Interferenzfilter weist eine periodische Durchlaßcharakteristik auf. Mit Hilfe weiterer in den Strahlengang eingebrachter elektrooptischer Verzögerungselemente (4) gelingt ein kontinuierliches Durchstimmen der Durchlaßcharakteristik. Kanalabstände im Bereich von einem Nanometer können bei der Verwendung von Quecksilber(I)halogenid-Einkristallen bereits mit doppelbrechenden Platten einer Stärke von wenigen Millimetern realisiert werden.



EP 0 907 089 A2

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein kristalloptisches Interferenzfilter mit periodischem Durchlaßbereich, insbesondere für den Wellenlängenmultiplexbetrieb von optischen Netzen in der Telekommunikation, sowie ein Verfahren zur aktiven Anpassung des spektralen Durchlaßbereichs eines derartigen Interferenzfilters.

[0002] Zur Erhöhung der Übertragungskapazität von optischen Nachrichtenübertragungssystemen ist die Einführung des sogenannten WDM (wavelength division multiplex) -Betriebs geplant. Dabei erfolgt die Übertragung nicht nur auf einem spektralen Kanal, sondern parallel auf mehreren Kanälen, von denen jeder einzelne Licht einer eigenen individuellen Wellenlänge überträgt. Die einzelnen Kanäle liegen im allgemeinen in etwa gleichem spektralen Abstand nebeneinander. Dieser Abstand beträgt z. B. ein Nanometer, kann aber im Prinzip noch viel kleiner sein. Da die Verstärkung dieses spektralen Kamms im dritten optischen Fenster bei 1550 nm besonders ökonomisch mit optischen Verstärkern erfolgen kann, ist dieser Wellenlängenbereich für den WDM-Betrieb besonders interessant.

[0003] Optische spektrale Filter mit einem kammartigen Durchlaßbereich, der an die Übertragungskanäle angepaßt ist, erlauben die Regeneration der spektralen Reinheit im WDM-Betrieb. Das passive Filter unterdrückt Licht, das zwischen den spektralen Kanälen auftritt, z. B. durch die spontane Emission im optischen Verstärker, durch Brillouin- oder Ramanstreuung oder durch anderes Fremdlicht, und erhöht somit das Signal-Rauschverhältnis bei der Detektion.

[0004] Bei der aktiven Abstimmung solcher Filter wird im allgemeinen der kammartige Durchlaßbereich auf der Wellenlängenskala parallel verschoben. Solche abstimmbaren Filter erlauben das Zu- oder Abschalten weiterer Systeme von parallelen spektralen Kanälen oder das präzise Nachjustieren des Wellenlängenskamms.

[0005] Interferenzfilter mit periodischem kammartigem Durchlaßbereich sind seit langem bekannt. Man unterscheidet solche mit Vielstrahlinterferenz wie das Interferenzgitter oder das Fabry-Perot Filter und solche mit Zweistrahlinterferenz wie das Michelson- und das Mach-Zehnder Interferometer. Bei der Vielstrahlinterferenz wird der Durchlaßbereich durch periodische schmale Transmissionslinien gekennzeichnet, zwischen denen breite undurchlässige Bereiche liegen. Bei der Zweistrahlinterferenz ist die Transmissionscharakteristik eine Sinusquadratverteilung mit gleich breiten Transmissions- und Absorptionsbereichen.

[0006] Unter den Zweistrahlinterferenzfiltern gibt es eine besondere Klasse, die mechanisch sehr stabil ist, dafür aber nicht ohne weiteres abgestimmt werden kann. Das sind die kristalloptischen Interferenzfilter mit periodischem Durchlaßbereich, wie das Lyotfilterelement, das Soldfilter und ähnliche Anordnungen. Bei diesen Filtern sind die interferierenden Lichtstrahlen die

schnelle und langsame Eigenwelle in einem doppelbrechenden Kristall. Diese Filter sind mechanisch so stabil wie der Kristall. Da die Länge der Interferometerarme aber eindeutig durch die Dicke  $d$  der Kristallplatte festgelegt wird, besteht keine kontinuierliche Abstimmungsmöglichkeit, außer durch Temperaturänderungen. Das Umschalten von den Transmissionsbereichen auf die Absorptionsbereiche und umgekehrt, d. h. die Verschiebung des Filters um eine halbe Periode (reziproker Durchlaßbereich), ist durch Veränderung der Eingangspolarisation immer möglich.

[0007] Der Abstand der Kanäle ist bei kristalloptischen Interferenzfiltern aus doppelbrechendem Material durch die Differenz der Brechungsindizes der schnellen bzw. langsamen Achse des Kristalls, sowie durch dessen Dicke  $d$  festgelegt. Man kann zeigen, daß bei dem bekanntesten doppelbrechenden Material Kalkspat ein etwa 14 mm dicker Kristall notwendig ist, um den für den WDM-Betrieb von optischen Netzen geforderten Kanalabstand von mindestens einem Nanometer zu realisieren. Die Gewinnung derartig großer Kalkspatkristalle ist jedoch sehr kostspielig, so daß diese Filter nur für seltene Sonderzwecke eingesetzt werden können.

[0008] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein kristalloptisches Interferenzfilter zur Verfügung zu stellen, welches kostengünstig ist und die Anpassung des spektralen Durchlaßbereichs des Filters an die Anforderungen des optischen WDM-Netzes erlaubt. Weiterhin soll ein Verfahren zur aktiven Abstimmung des Interferenzfilters zur Verfügung gestellt werden.

[0009] Die Lösung der Aufgabe besteht erfindungsgemäß bei einem kristalloptischen Interferenzfilter mit periodischem Durchlaßbereich, insbesondere für den Wellenlängenmultiplexbetrieb von optischen Netzen in der Telekommunikation, wenigstens bestehend aus einem doppelbrechenden Element sowie einem an dessen Ausgang angeordneten Polarisator, wobei das doppelbrechende Element ein Quecksilber(I)halogenid-Einkristall ist.

[0010] Quecksilberhalogenide sind im Infraroten, d. h. auch im Wellenlängenbereich um 1500 Nanometer, der für den WDM-Betrieb von optischen Netzen genutzt wird, transparent und weisen in diesem Bereich eine hohe Doppelbrechung auf. Der Unterschied der Brechungsindizes der schnellen und langsamen Achse ist mit Werten von bis zu  $\Delta n = 1$  etwa fünfmal größer als bei Kalkspat. Eine saubere Trennung der etwa 1 nm beabstandeten WDM-Kanäle läßt sich daher bereits mit Quecksilberhalogenidkristallen von 2 bis 5 mm Dicke erreichen. Die Verwendung von Quecksilber(I)halogeniden ( $Hg_2Cl_2$ ,  $Hg_2Br_2$ ,  $Hg_2J_2$ ) als kristalloptische Interferenzfilter mit periodischem Durchlaßbereich, insbesondere für den Wellenlängenmultiplexbetrieb von optischen Netzen in der Telekommunikation, ist daher vorteilhaft.

[0011] Die drei Quecksilberhalogenide  $Hg_2J_2$ ,  $Hg_2Cl_2$

und  $\text{Hg}_2\text{Br}_2$  lassen sich aus der Dampfphase in guter Qualität als große Kristalle züchten. Die Kristalle lassen sich spalten, sägen und polieren. Säge- und Polituroberflächen können durch Tempern unterhalb der Sublimationstemperatur von uneinheitlichen Oberflächenschichten gereinigt und/oder rekristallisiert werden. Somit können Einflüsse, die die Doppelbrechung beeinträchtigen eliminiert werden.

**[0012]** Vorzugsweise wird als doppelbrechendes Element ein Quecksilberiodid-Einkristall  $\text{Hg}_2\text{I}_2$  verwendet, da dieser im Infraroten die größte Doppelbrechung aufweist.

**[0013]** Durch das doppelbrechende Element wird das eingestrahlte Licht abhängig von dessen Wellenlänge und Anfangspolarisation in einen bestimmten Polarisationszustand gebracht (Polarisationskodierung der spektralen Komponenten).

**[0014]** Damit die parallel zur langsamen bzw. schnellen Achse des doppelbrechenden Kristalls polarisierten Komponenten des eingestrahlichten Lichts räumlich nicht auseinanderlaufen, wird der Quecksilberhalogenid-Kristall so geschnitten und in den Strahlengang eingebracht, daß die aus langsamer und schneller Achse aufgespannte Ebene parallel zur Front- bzw. Rückfläche des Kristalls und senkrecht zur Strahlrichtung orientiert ist. Somit findet lediglich eine Polarisationsveränderung des einlaufenden Lichts statt, während das räumliche Profil unverändert bleibt.

**[0015]** Wesentlicher Bestandteil des kristalloptischen Interferenzfilters ist neben dem doppelbrechenden Element ein dahinter angeordneter Polarisator, insbesondere Linearpolarisator, welcher dazu dient, die unerwünschten spektralen Komponenten, die durch das doppelbrechende Element mit einem bestimmten Polarisationszustand kodiert wurden, herauszufiltern oder zu reflektieren. Nur diejenigen spektralen Komponenten, deren Polarisation mit der Durchlaßrichtung des Ausgangspolarisators übereinstimmt, werden vom Filter transmittiert. Auf diese Weise wird die spektrale Filterung des optischen Signals erreicht. Der Polarisator ist so in den Strahlengang eingebracht, daß die Polarisationsrichtung, die er transmittiert, in der durch langsame und schnelle Achse des doppelbrechenden Elements aufgespannten Ebene liegt.

**[0016]** Damit das doppelbrechende Element die verschiedenen spektralen Komponenten der einlaufenden Welle mit verschiedenen Polarisierungen kodieren kann, ist es notwendig, daß das Licht dem doppelbrechenden Element in einem definierten Polarisationszustand zugeführt wird. Dies kann zum einen durch aktives Polarisationsmanagement im optischen Netz realisiert werden, indem z.B. nur bestimmte Polarisierungen über die Glasfasern übertragen werden. Vorteilhaft ist darüber hinaus eine Ausgestaltung des kristalloptischen Interferenzfilters, bei welcher vor dem doppelbrechenden Element ein weiterer Polarisator angeordnet ist, da somit das Interferenzfilter unabhängig von den Übertragungseigenschaften des optischen Netzes ist.

**[0017]** Dieser Polarisator ist vorzugsweise ein Linearpolarisator, dessen Durchlaßrichtung um etwa  $45^\circ$  gegenüber der langsamen bzw. schnellen Achse des doppelbrechenden Kristalls versetzt ist. Diese Anordnung maximiert die Wirkungen der Doppelbrechung.

**[0018]** Entsprechend ist es vorteilhaft, wenn die Durchlaßrichtung des Polarisators am Ausgang des doppelbrechenden Elements ebenfalls um etwa  $45^\circ$  gegenüber der langsamen bzw. schnellen Achse des doppelbrechenden Kristalls versetzt ist. Die Durchlaßrichtungen von Ein- und Ausgangspolarisatoren sind damit vorzugsweise parallel oder senkrecht zueinander und liegen in parallelen Ebenen. Das Umschalten vom normalen auf den reziproken Durchlaßbereich des Interferenzfilters gelingt in diesem Fall sehr einfach durch Drehen des Ein- oder Ausgangspolarisators um  $90^\circ$ .

**[0019]** Die kontinuierliche Durchstimmung des spektralen Durchlaßbereichs des Interferenzfilters wird vorteilhaft durch ein elektrooptisches Retardierungselement erreicht, welches am Eingang des doppelbrechenden Elements ggf. zwischen dem Kristall und dem Eingangspolarisator in den Strahlengang eingebracht ist. Durch das elektrooptische Retardierungselement kann die gesamte effektive Doppelbrechung des Interferenzfilters aktiv verändert werden, wodurch auch die Polarisationskodierung der einzelnen spektralen Komponenten variiert wird. Die Polarisationskodierung wird somit durch ein elektrisches Signal, welches die Doppelbrechung des Retardierungselements verändert, gesteuert.

**[0020]** Das elektrooptische Retardierungselement ist vorzugsweise eine schnelle Flüssigkristallzelle, eine Kerr- oder eine Pockelzelle oder eine Zelle aus einem anderen elektrooptischen Material.

**[0021]** Weiterhin kann zur kontinuierlichen Durchstimmung des spektralen Durchlaßbereichs des Interferenzfilters zwischen dem doppelbrechenden Element und dem Ausgangspolarisator eine  $\lambda/4$ -Retardierungsplatte angeordnet sein. Die Ausrichtung der Achsen der  $\lambda/4$ -Retardierungsplatte ist um  $45^\circ$  relativ zu den Achsen des doppelbrechenden Elements versetzt. Die aktive Abstimmung erfolgt durch Anpassung der Durchlaßrichtung des Ausgangspolarisators.

**[0022]** Zum Einbau des Interferenzfilters in ein optisches Netz ist vorgesehen, daß das Interferenzfilter mit zwei Linsen zwischen zwei optischen Faserenden eingefügt ist. Dabei wird das aus der Faser ausgetretene Licht mittels der ersten Linse vorzugsweise in ebene Wellen umgewandelt und dem Interferenzfilter zugeführt. Am Filterausgang wird es mittels der zweiten Linse wieder in die Phase eingekoppelt. Die Linsen sind Objektive oder Gradientenindexlinsen.

**[0023]** Zur Verminderung von Reflexionen an Grenzflächen, insbesondere am Übergang Luft/Glas ist eine Brechungsindexanpassung mittels Ölen mit geeignete Brechungsindizes vorgesehen. Die einzelnen Bauteile bzw. Komponenten des Interferenzfilters, d.h. Polarisator

toren, doppelbrechender Kristall und ggf. weitere Verzögerungselemente, werden dabei in definiertem Abstand voneinander angeordnet und die Zwischenräume zwischen den Bauteilen mit Öl gefüllt. Zur Herstellung von 5 Ölspalten definierter Dicke werden vorzugsweise Abstandshalter zwischen den einzelnen Bauteilen verwendet.

[0024] Kurzbeschreibung der Zeichnung wobei zeigen:

- Figur 1 ein Interferenzfilter bestehend aus einer doppelbrechenden Platte und jeweils einem Ein- und Ausgangspolarisator
- Figur 2 ein Interferenzfilter bestehend aus einer doppelbrechenden Platte, zwei Polarisatoren sowie einer elektrooptischen Verzögerungsplatte
- Figuren 3 und 4 den Einbau eines erfindungsgemäßen Interferenzfilters zwischen zwei Faserenden

[0025] Figur 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Interferenzfilter, welches aus einer Anordnung aus einem doppelbrechenden Element 1 sowie zwei Linearpolarisatoren 2 und 3 besteht. Das doppelbrechende Element 1 besteht aus einem Quecksilberhalogenid-Einkristall und hat eine Dicke  $d$  von einigen Millimetern. Der doppelbrechende Kristall ist so geschnitten, daß die von langsamer und schneller Achse  $L$  bzw.  $F$  aufgespannte Ebene parallel zur Front- bzw. Rückfläche des Kristalls verläuft, wobei die Strahlrichtung  $R$  senkrecht dazu ist.

[0026] Der doppelbrechende Kristall weist für entlang der  $S$ - bzw.  $L$ -Achse polarisiertes Licht, verschiedene Brechungsindizes  $n_L$  bzw.  $n_S$  mit einem Brechungsindexunterschied  $\Delta n = n_S - n_L$  auf. Dies führt für eine spektrale Komponente mit der Wellenlänge  $\lambda$  zu einer Phasendifferenz  $\Delta\varphi(\lambda) = 2\pi d \Delta n / \lambda$  zwischen den beiden Polarisationskomponenten nach Durchlaufen des doppelbrechenden Elements.

[0027] Mit Hilfe des Eingangspolarisators 3, dessen Durchlaßrichtung um  $45^\circ$  gegenüber den Achsen des doppelbrechenden Elements 1 gedreht ist, wird zunächst ein definierter Polarisationszustand des Lichts beliebiger Wellenlängen hergestellt, wobei die  $45^\circ$ -Stellung des Polarisators bewirkt, daß die parallel zur schnellen Achse des doppelbrechenden Elements polarisierte Komponente die gleiche Amplitude hat wie die parallel zur langsamen Achse polarisierte. Der anfängliche Phasenunterschied zwischen diesen Polarisationskomponenten vor dem Eintritt in das doppelbrechende Element ist unabhängig von der Wellenlänge für alle spektralen Komponenten gleich Null. Das doppelbrechende Element nimmt nun wellenlängenabhängig eine Polarisationskodierung der spektralen Komponenten vor, indem es einen wellenlängenabhängigen Phasenunterschied  $\Delta\varphi(\lambda)$  zwischen den einzelnen Polarisati-

onskomponenten induziert.

[0028] Die spektrale Filterung des polarisationskodierten Lichts erfolgt am Ausgang des doppelbrechenden Elements mit Hilfe eines weiteren Polarisators 2, der hier ebenfalls ein Linearpolarisator ist und dessen Durchlaßrichtung parallel zur Durchlaßrichtung des Eingangspolarisators 3 ist. Der spektralen Filterung liegen theoretisch die Überlegungen zu Pancharatnams Phase zugrunde.

[0029] In der hier dargestellten Anordnung wird demnach nur Licht mit einem Phasenunterschied von  $\Delta\varphi=0$  bzw.  $\Delta\varphi=N2\pi$  ( $N=1,2,\dots$ ) mit maximaler Intensität von dem Polarisator 2 transmittiert. Für alle anderen Wellenlängen ist das Filter ganz oder teilweise undurchlässig. Es wird somit ein Interferenzfilter mit periodischem, kammartigem Durchlaßbereich realisiert, wobei durch die Wahl von Quecksilberhalogenidkristallen bereits mit wenigen Millimetern dicken Kristallplatten Kanalabstände von etwa einem Nanometer realisiert werden können.

[0030] Die Anpassung der spektralen Durchlaßcharakteristik an veränderte Anforderungen im optischen Netz geschieht bei dem hier dargestellten Interferenzfilter durch Verdrehen der Polarisatoren 2 bzw. 3. Das Umschalten auf reziproken Durchlaßbereich, d.h. Transmission aller zuvor komplett unterdrückten Wellenlängen und umgekehrt, wird durch Verdrehen des Polarisators 2 bzw. 3 um  $90^\circ$  erreicht.

[0031] Figur 2 zeigt ein Interferenzfilter, welches gegenüber der Anordnung aus Figur 1 um ein elektrooptisches Verzögerungselement 4 erweitert ist. Die sonstige Anordnung der Komponenten doppelbrechende Platte 1', Ausgangspolarisator 2' und Eingangspolarisator 3' entspricht der Gestaltung des Interferenzfilters aus Figur 1.

[0032] Das elektrooptische Retardierungselement 4 dient zum kontinuierlichen Durchstimmen des kammartigen Durchlaßbereichs des Interferenzfilters. Das Retardierungselement 4 besteht aus einem Material, dessen Doppelbrechung sich auf elektrischem Wege verändern läßt. Dies geschieht insbesondere dadurch, daß an das Verzögerungselement 4 eine Spannung angelegt wird, welches hier durch eine Spannungsquelle 14 angedeutet ist. Das Retardierungselement 4 ist so ausgerichtet, daß seine schnelle bzw. langsame Achse  $S$  bzw.  $L$  parallel zu den Achsen des doppelbrechenden Elements 1' verläuft. Besonders geeignet zum kontinuierlichen Durchstimmen sind schnelle Flüssigkristallzellen, Kerrzellen und Pockelszellen und Zellen mit anderen elektrooptischen Materialien.

[0033] Die Figuren 3 und 4 zeigen die Anordnung eines erfindungsgemäßen Interferenzfilters im Anwendungsfall zwischen zwei Glasfasern 10 und 11 bzw. 10' und 11'. Das kristalloptische Interferenzfilter besteht in beiden Figuren aus einer doppelbrechenden Platte 5 bzw. 5', sowie jeweils einem davor bzw. dahinter angeordneten Polarisator 6, 6', 7, 7'. Die Polarisatoren sind beispielsweise so, wie in den Figuren 1 und 2 darge-

stellt relativ zueinander und zu den Achsen der doppelbrechenden Platte orientiert.

[0034] Aus den Enden der Glasfasern 10, 10' tritt Licht einer gegebenen spektralen Zusammensetzung sich kegelförmig aufweitend aus. Es wird mittels einer ersten Linse 8 bzw. 8' in vorzugsweise ebene Wellen umgewandelt, wobei dann aus der Linse paralleles Licht austritt. Dazu befindet sich das Faserende im Bereich des Brennpunktes der Linse 8 bzw. 8'.

[0035] Das auf der Faser 10 ausgekoppelte Licht durchläuft das Interferenzfilter als paralleles Strahlenbündel und trifft am Filterausgang auf eine weitere Linse 9 bzw. 9', mit welcher das Licht wieder in die abgehende Faser 11 bzw. 11' eingekoppelt wird. Dazu befindet sich das Ende der Faser 11 bzw. 11' im Bereich des Brennpunktes der Linse 9 bzw. 9'.

[0036] Die Linsen 8 und 9 aus Figur 3 sind infrarot-taugliche Objektive, die Linsen 8' und 9' aus Figur 4 sind Gradientenindexlinsen.

#### Liste der Bezugszeichen

#### [0037]

1,1', 5,5'	doppelbrechendes Element (Quecksilber(I)halogenid-Einkristall)
2,2', 7,7'	Ausgangspolarisator
3,3', 6,6'	Eingangspolarisator
4	elektrooptisches Retardierungselement
8,8', 9,9'	Linse
10,10', 11,11'	Faser
12,13	Front- bzw. Rückfläche des doppelbrechenden Elements
14	Spannungsquelle
F/L	schnelle/langsame Achse
R	Strahlrichtung

#### Patentansprüche

1. Kristalloptisches Interferenzfilter mit periodischem Durchlaßbereich, insbesondere für den Wellenlängenmultiplexbetrieb von optischen Netzen in der Telekommunikation, wenigstens bestehend aus einem doppelbrechenden Element (1, 1', 5, 5') sowie einem an dessen Ausgang angeordneten Polarisator (2, 2', 7, 7'), wobei das doppelbrechende Element ein Quecksilber(I)halogenid-Einkristall ( $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{Hg}_2\text{Br}_2$ ,  $\text{Hg}_2\text{J}_2$ ) ist.
2. Interferenzfilter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der doppelbrechende Quecksilber(I)halogenid-Einkristall so geschnitten ist, daß die von langsamer und schneller Achse (L bzw. F) aufgespannte Ebene parallel zur Front- bzw. Rückfläche (12 bzw. 13) des Kristalls verläuft, wobei die Strahlrichtung (R) senkrecht dazu ist.

3. Interferenzfilter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem doppelbrechenden Element (1, 1', 5, 5') ein weiterer Polarisator (3, 3', 6, 6') angeordnet ist.

4. Interferenzfilter nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchlaßrichtung des Polarisators (3, 3', 6, 6') am Eingang des doppelbrechenden Elements (1, 1', 5, 5') um etwa 45° gegenüber der langsamen bzw. schnellen Achse des doppelbrechenden Kristalls versetzt ist.

5. Interferenzfilter nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchlaßrichtung des Polarisators (2, 2', 7, 7') am Ausgang des doppelbrechenden Elements (1, 1', 5, 5') um etwa 45° gegenüber der langsamen bzw. schnellen Achse des doppelbrechenden Kristalls versetzt ist.

6. Interferenzfilter nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur kontinuierlichen Durchstimmung des spektralen Durchlaßbereichs am Eingang bzw. Ausgang des doppelbrechenden Elements ein elektrooptisches Retardierungselement (4) in den Strahlengang eingebracht ist, wobei dieses gegebenenfalls zwischen dem doppelbrechenden Element und dem Eingangs- (3, 3', 6, 6') bzw. Ausgangspolarisator (2, 2', 7, 7') angeordnet ist.

7. Interferenzfilter nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrooptische Retardierungselement (4) eine schnelle Flüssigkristallzelle ist.

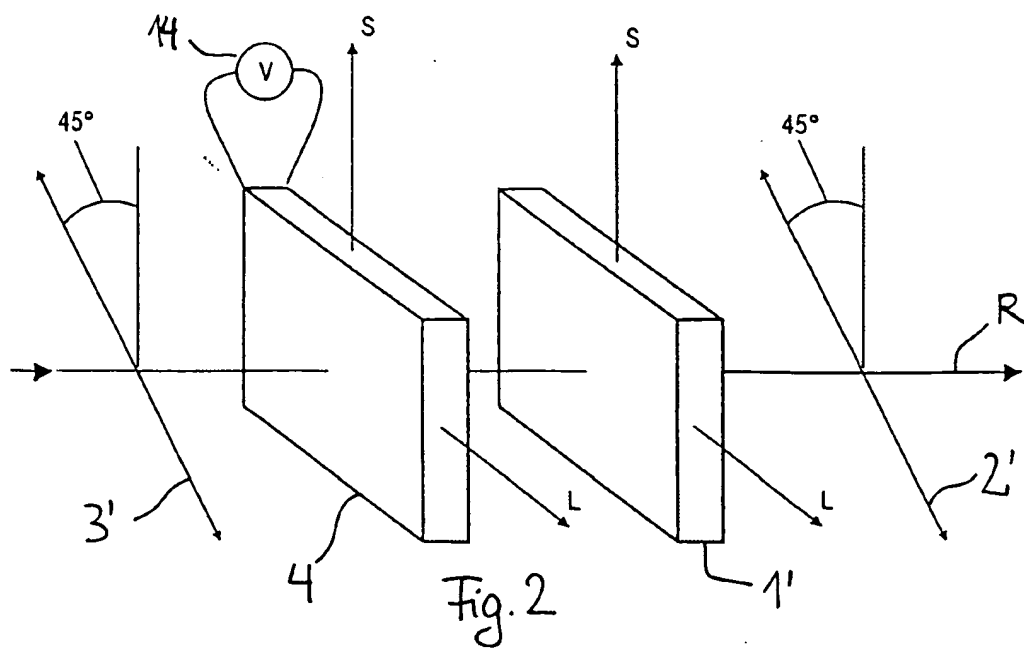
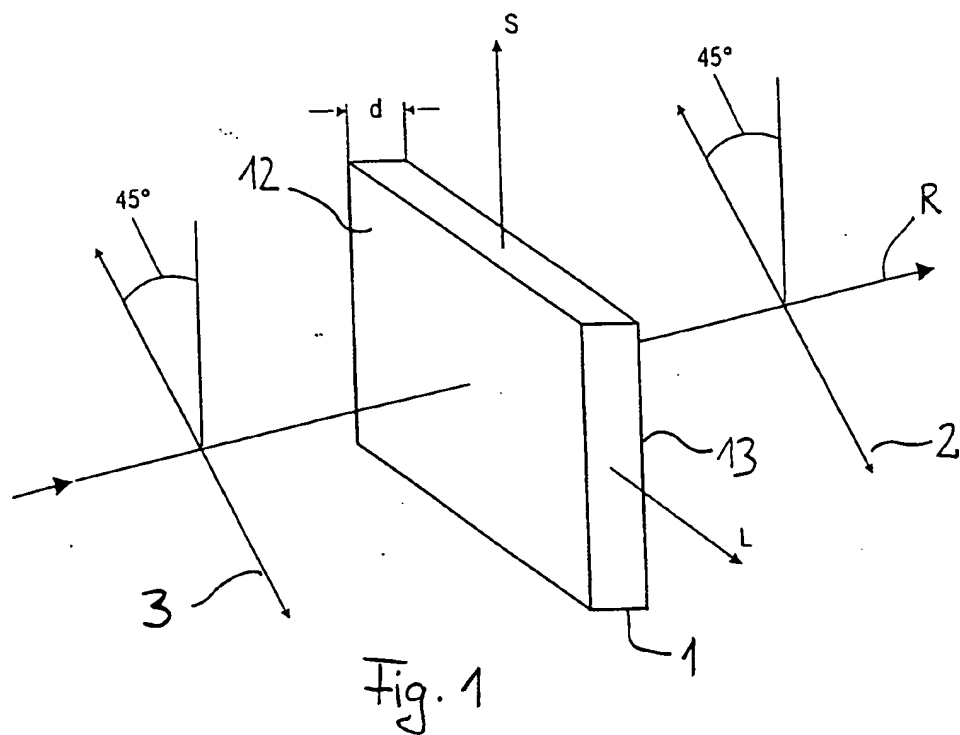
8. Interferenzfilter nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrooptische Retardierungselement (4) eine Kerr- oder Pockelszelle ist.

9. Interferenzfilter nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur kontinuierlichen Durchstimmung des spektralen Durchlaßbereichs des Interferenzfilters zwischen dem doppelbrechenden Element (1, 1', 5, 5') und dem Ausgangspolarisator (2, 2', 7, 7') eine  $\lambda/4$ -Retardierungsplatte unter 45° relativ zur schnellen bzw. langsamen Achse des doppelbrechenden Elements (1, 1', 5, 5') eingefügt ist, wobei die Abstimmung durch Anpassung der Durchlaßrichtung des Ausgangspolarisator (2, 2', 7, 7') erfolgt.

10. Interferenzfilter nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß es zur Ankopplung an das optische Netz mit

zwei Linsen (8, 8', 9, 9') zwischen zwei optische Faserenden (10, 10', 11, 11') eingefügt ist, wobei das aus der Faser (10, 10') austretende Licht mittels der ersten Linse (8, 8') vorzugsweise in ebene Wellen umgewandelt und am Interferenzfilterausgang mittels der zweiten Linse (9, 9') in die Faser (11, 11') eingekoppelt wird.

11. Interferenzfilter nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Linsen Objektive (8, 9) oder Gradientenindexlinsen (8', 9') sind.
12. Interferenzfilter nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet,  
daß die einzelnen Bauteile in definiertem Abstand voneinander angeordnet sind, wobei in die Zwischenräume zur Verminderung von Reflexionen an den Grenzflächen Öle geeigneter Brechungsindizes eingebracht sind.
13. Interferenzfilter nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet,  
daß Abstandhalter zwischen den einzelnen Bauteilen definierte Ölspalte erzeugen.
14. Verfahren zur aktiven Anpassung des spektralen Durchlaßbereichs eines Interferenzfilters nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Veränderung der Durchlaßcharakteristik durch Verdrehung der Durchlaßrichtung der Polarisatoren (2, 2', 3, 3', 6, 6' 7, 7') am Eingang und/oder Ausgang des Interferenzfilters relativ zu den Achsen des doppelbrechenden Elements (1, 1', 5, 5') und/oder durch Veränderung der doppelbrechenden Eigenschaften des elektrooptischen Retardierungselements (4) erfolgt.
15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet,  
daß zum Umschalten des Interferenzfilters auf reziproken Durchlaßbereich die Durchlaßrichtung eines der Polarisatoren (2, 2', 3, 3', 6, 6' 7, 7') am Eingang oder Ausgang des Interferenzfilters um 90° gedreht wird.
16. Verwendung von Quecksilber(I)halogeniden ( $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{Hg}_2\text{Br}_2$ ,  $\text{Hg}_2\text{I}_2$ ) als kristalloptische Interferenzfilter mit periodischem Durchlaßbereich, insbesondere für den Wellenlängenmultiplexbetrieb von optischen Netzen in der Telekommunikation.





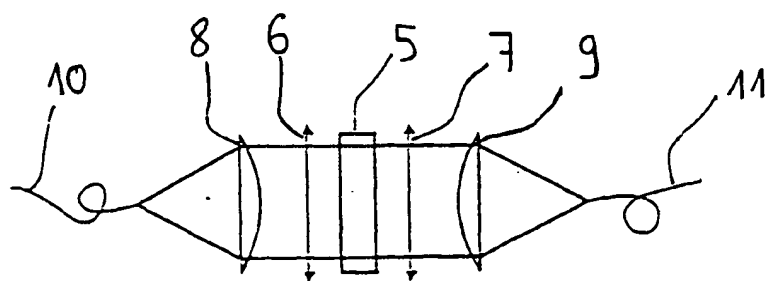


Fig. 3

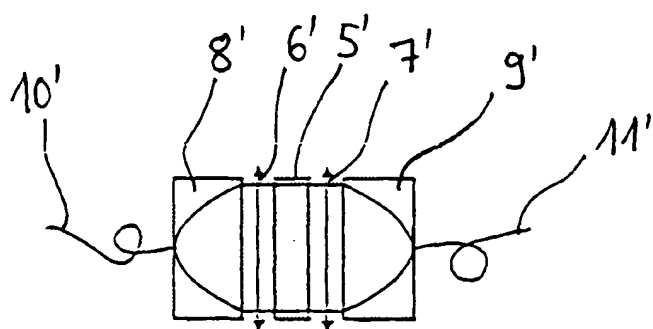


Fig. 4